



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

MELINA VIEIRA ALVES

ENSINO DE BIOLOGIA: TABULEIRO DE ENGENHARIA GENÉTICA

São Cristóvão-SE

2016

MELINA VIEIRA ALVES

ENSINO DE BIOLOGIA: TABULEIRO DE ENGENHARIA GENÉTICA

Monografia apresentada ao Departamento de
Biologia da Universidade Federal de Sergipe,
como requisito para obtenção do título de
Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Charles dos Santos
Estevam

São Cristóvão-SE

2016

MELINA VIEIRA ALVES

ENSINO DE BIOLOGIA: TABULEIRO DE ENGENHARIA GENÉTICA

Monografia apresentada ao Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe, como requisito para obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 09 de novembro de 2016

Nota final: 10 (Dez)

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Charles dos Santos Estevam

Orientador

Universidade Federal de Sergipe - UFS

Dr. Antônio Santos Dias

1º Avaliador

Secretaria de Estado da Educação - SEED

Me. Samuel Bruno dos Santos

2º Avaliador

Universidade Federal de Sergipe - UFS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida.

Agradeço à minha mãe, Denize Vieira, por todo o apoio ao longo desta jornada.

Ao Prof. Dr. Charles Estevam, pela disponibilidade em orientar meu trabalho e por me acolher em seu laboratório.

Ao Prof. Dr. Antônio Santos Dias, pela imensa colaboração na elaboração deste trabalho e pela amizade e carinho.

Ao Prof. Dr. Bruno Valadares, e as professoras Dr.^a Adriana Andrade e Dr.^a Rosilene Calazans, por me orientarem durante parte da minha graduação.

Ao Prof. Dr. Lucas Valeriano, por todo carinho e incentivo.

A todos os amigos do Laboratório de Química de Produtos Naturais e Bioquímica, em especial a Andressa da Silva, Antônio Dias, Clívia Rolemberg, Carla Souza, Deisylaine Santos, Karina Mota, Kelly Teixeira, Ludmila Cruz, Pietra Lima, Rafaela Nunes, Roas Araújo e Samuel Bruno pelo companheirismo e pelos momentos divertidos.

A todos do Laboratório de Pesquisa em Oncologia Pré-Clínica, em especial a Ricardo Amaral e Luciana Nalone, pelo suporte no desenvolvimento das atividades de pesquisa.

Aos amigos do Departamento de Biologia, Edilaine Dória, Elaine Fernanda, Franciel Félix, Luiz Bispo, Milena Nascimento e Victor Carvalho pela amizade e carinho.

“Toda mente que se abre a uma nova ideia jamais retornará ao seu tamanho original”

Albert Einstein

RESUMO

Algumas metodologias de ensino podem tornar o ensino de Biologia desmotivador e desinteressante para os estudantes, entre estas se destaca a utilização exclusiva do livro didático como recurso didático e o ensino sem articulação às suas implicações sociais e ambientais. A pluralidade de metodologias de ensino se faz necessário para o ensino de Biologia, uma vez que esta ciência é fundamentada em métodos científicos e processos por vezes não observáveis em sala de aula. Entre os temas dentro das Ciências Biológicas que envolvem processos biológicos complexos, tem-se a Biotecnologia, que trata-se de uma ciência multidisciplinar e de grande relevância socioambiental. O presente trabalho verificou como os aspectos biotecnológicos são abordados em alguns livros de Biologia para o Ensino Médio, através da análise do conteúdo presente nestes, tendo como finalidade a elaboração de um jogo didático para estudantes do Ensino Médio sobre técnicas e aplicações da Engenharia Genética e técnicas associadas. Neste trabalho é apresentado o TEG: Tabuleiro de Engenharia Genética, material didático proposto para o ensino de Biotecnologia.

Palavras-chave: Ensino de Biotecnologia, Jogos Didáticos, Engenharia Genética, CTS.

ABSTRACT

Some teaching methodologies may make teaching Biology demotivating and uninteresting for students, among which the use of textbooks as a didactic resource and teaching without articulation to their social and environmental implications is highlighted. The plurality of teaching methodologies is necessary for the teaching of biology, since this science is based on scientific methods and sometimes not observable processes in the classroom. Among the topics within the Biological Sciences that involve complex biological processes, we have Biotechnology, which is a multidisciplinary science and of great socio-environmental relevance. The present work verified how the biotechnological aspects are approached in some books of Biology for High School, through the analysis of the content present in them, having as purpose the elaboration of a didactic game for students of High School on techniques and applications of Genetic Engineering and Techniques. In this work the TEG is presented: Gene Engineering Board, didactic material proposed for the teaching of Biotechnology.

Key-words: Biotechnology Teaching, Teaching Games, Genetic Engineering, STS.

LISTA DE ABREVIACES

CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade.

EM: Ensino Médio.

ENEM: Exame Nacional do Ensino Médio.

JD: Jogo Didático.

LD: Livro Didático.

OCEM: Orientaces Curriculares para o Ensino Médio.

OGM: Organismo Geneticamente Modificado.

PCN: Parâmetros Curriculares Nacionais.

PCNEM: Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.

PCR: *Polymerase Chain Reaction* ou Reaco em Cadeia da Polimerase.

SNP: *Single Nucleotide Polymorphism* ou Polimorfismo de Nucleotídeo nico.

TEG: Tabuleiro de Engenharia Genética.

VNTRs: *Variable Number of Tandem Repeats* ou Número Variável de Repeties em Sequência.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Alguns materiais didáticos organizados de acordo com a classificação brasileira de materiais didáticos.....	6
Tabela 2: Livros didáticos de Biologia do Ensino Médio utilizados para análise de conteúdos biotecnológicos.....	11
Tabela 3: Critérios utilizados para avaliação de conteúdo de Biotecnologia em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio.....	17

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tópicos em Biotecnologia listados nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio utilizados para análise.....	12
Quadro 2: Termos-chave observados nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio utilizados para análise de conteúdos em Biotecnologia.....	15

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	4
3.1. ENSINO DE BIOLOGIA NO BRASIL.....	4
3.2. CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIDADE NO ENSINO DE BIOLOGIA.....	5
3.3. MATERIAIS DIDÁTICOS.....	6
3.3.1. LIVROS DIDÁTICOS.....	7
3.3.2. JOGOS DIDÁTICOS.....	7
3.4. CONSIDERAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA.....	8
3.4.1. ENGENHARIA GENÉTICA.....	9
3.5. BIOTECNOLOGIA NO ENSINO DE BIOLOGIA.....	10
4. METODOLOGIA.....	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
6. CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
APÊNDICES.....	24

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Biologia tem como características a apresentação de conceitos, hipóteses e métodos científicos. Estes por sua vez, normalmente apresentam-se de forma descontextualizada, baseando-se somente na memorização, o que por vezes torna os conteúdos de Biologia desmotivadores e desinteressantes. Temas que requerem maior nível de abstração, como os conceitos relacionados ao metabolismo e funções celulares, como a Genética, a Bioquímica e a Biologia Celular são normalmente apontados como os que apresentam maiores dificuldades quanto ao processo de ensino-aprendizagem. Para os alunos, a compreensão dos processos biológicos nem sempre é possível, já que normalmente os professores não dispõem de recursos que facilitem o ensino, ou por não estarem familiarizados com determinados conceitos (ZUANON; DINIZ; NASCIMENTO, 2010; BRÃO; PEREIRA, 2015).

Neste sentido, as principais dificuldades apresentadas pelos alunos quanto à aprendizagem de ciências refere-se à perda de sentido das ciências. Esta perda de sentido refere-se ao não desenvolvimento de habilidades voltadas à compreensão de conceitos, como a noção de funcionamento e dimensão de estruturas e moléculas ou mesmo a incapacidade de estabelecimento de relações entre o conteúdo estudado e suas aplicações. Isto gera desmotivação e desvalorização dos saberes, por não visualizarem as aplicações deste conhecimento em seu cotidiano (POZO; CRESPO, 2009).

Outro aspecto quanto às dificuldades relacionadas ao ensino de Biologia refere-se às práticas de ensino voltadas exclusivamente à utilização do Livro Didático (LD). Estas práticas de ensino são desmotivadoras à medida que este se torna referência única para obtenção de conhecimentos (BEZERRA; NASCIMENTO, 2014). Em contraponto, os professores da Educação Básica por vezes não dispõem do suporte necessário por parte das instituições de ensino para a utilização de materiais didáticos diversificados em suas aulas, tornando o (LD) um recurso indispensável para professores e alunos (NÚÑEZ, 2003). A baixa remuneração dos professores também é um agravante, visto que, muitos necessitam exercer diversas atividades ou ampliar suas jornadas de trabalho, comprometendo o tempo disponível para elaboração de atividades e para qualificar-se profissionalmente (GOUVEIA et al., 2006)

Apesar da importância dos LD, faz-se necessário a busca de informações além daquelas contidas neles. Isso pode ser realizado, através da utilização de diferentes recursos didáticos com metodologias diferenciadas (SANTOS, 2014). A importância da pluralidade de metodologias de ensino é enfatizada em documentos oficiais como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCNEM) (BRASIL, 2002; BRASIL, 2006).

Nos PCNEM e OCNEM destaca-se a importância da articulação dos conceitos em Biologia às suas implicações científicas, tecnológicas e sociais, visando ao desenvolvimento do pensamento crítico pelos alunos acerca destas questões. Dentre os temas em Biologia, destaca-se a Biotecnologia, por tratar-se de uma ciência multidisciplinar e com importantes implicações sociais, tecnológicas e científicas, a qual está diretamente relacionada à geração dos mais diversos bens de consumo e processos para obtenção dos mesmos (BRASIL, 2002; BRASIL, 2006).

As OCNEM preconizam a utilização de ferramentas de ensino que permitam aos discentes a aprendizagem de forma dinâmica e contextualizada, sem basear-se somente na memorização e repetição de conceitos. Dentre as diversas ferramentas de ensino possíveis, os Jogos Didáticos (JD) destacam-se por apresentar uma série de características positivas, pois (BRASIL, 2006, p.28):

[...] oferecem o estímulo e o ambiente propícios que favorecem o desenvolvimento espontâneo e criativo dos alunos e permite ao professor ampliar seu conhecimento de técnicas ativas de ensino [...] mostrando-lhes uma nova maneira, lúdica, prazerosa e participativa de relacionar-se com o conteúdo escolar, levando a uma maior apropriação dos conhecimentos envolvidos.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo analisar alguns livros didáticos de Biologia do Ensino Médio quanto a alguns aspectos biotecnológicos e elaborar um jogo didático para subsidiar o ensino destes aspectos na Biologia, cujo foco foram aqueles ligados à Engenharia Genética. A escolha deste tema se deu pela sua relevância quanto às questões socioambientais e curriculares, bem como pelo destaque dado pelos LD quanto às aplicações e técnicas associadas à manipulação do DNA.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

- Analisar como livros didáticos de Biologia do 3º ano do Ensino Médio abordam aspectos biotecnológicos relativos à manipulação de DNA e suas aplicações biotecnológicas.
- Produzir um jogo didático para estudantes do Ensino Médio sobre Engenharia Genética e técnicas associadas, bem como suas aplicações em Biotecnologia.

2.2. Específico

- Verificar como a Engenharia Genética e técnicas associadas vêm sendo abordadas em livros didáticos do terceiro ano de Biologia do Ensino Médio.
- Confeccionar um jogo didático sobre Engenharia Genética para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Ensino de Biologia no Brasil

O ensino de Biologia no Brasil surgiu no século XX, contudo, não apresentava a ideia de união entre as diferentes áreas das Ciências Biológicas. Atualmente, após diversas modificações, ele integra diversas áreas do conhecimento, porém, ainda se baseia em metodologias predominantemente descritivas, desvinculadas das reais aplicações associadas aos conceitos apresentados (KRASILCHIK, 2008; MARANDINO; SELLES, FERREIRA, 2009).

Historicamente, o ensino de Biologia no Brasil foi associado às tendências políticas dos diferentes contextos históricos. Na década de 70, com o estabelecimento da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), o ensino era baseado na produção de mão de obra trabalhadora, desvinculando-se do propósito deste documento quanto à necessidade do ensino científico. Após uma série de crises econômicas e sociais, este se desvinculou de seus propósitos centrais e passou a englobar uma série de distintas concepções sobre o ensino de Biologia. Diante destas questões, em 1999, foram publicados os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), os quais propuseram que o ensino fosse baseado na incorporação de questões sociais e aspectos relacionados ao cotidiano dos estudantes (BORGES; LIMA, 2007; KRASILCHIK, 2008). Além disso, em 2002, visando complementar tais parâmetros houve a publicação unificada dos PCNs com os PCN+ (PCNEM), sendo estes adotados atualmente. Nestes documentos, a Biologia, a Química, a Matemática e a Física são classificadas como Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, devido ao caráter científico apresentado por estas áreas (BRASIL, 2002; BORGES; LIMA, 2007). Com o objetivo de fornecer suporte ao docente em questões referentes à utilização de ferramentas didáticas, em 2006 são publicadas as OCNEM, que apresentam sugestões referentes à utilização de jogos didáticos, experimentações, estudos do meio, desenvolvimento de projetos pedagógicos e outros (BRASIL, 2006).

É de grande importância que o ensino de Biologia seja direcionado à valorização do conhecimento acerca das aplicações práticas do saber científico. Para tanto, novas tendências de ensino de Biologia vem sendo adotadas, visando à utilização de metodologias que promovam a participação ativa do aluno. As

principais tendências atuais de ensino vêm sendo direcionadas ao desenvolvimento de atividades das mais diversas naturezas, incluindo atividades práticas e jogos didáticos, pois se reconhece a importância destas ferramentas no processo de ensino e aprendizagem (BORGES E LIMA, 2007).

3.2. Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino de Biologia

Uma forte tendência adotada quanto ao ensino de Ciências, conhecida como “mito do cientificismo”, é a apresentação do conhecimento científico como verdade imutável e absoluta. Acredita-se que tal tendência tenha se estabelecido devido aos progressos sociais e tecnológicos gerados pela ciência, fazendo com que esta ganhasse confiança social (SANTOS; MORTIMER, 2002).

Conforme já mencionado, o ensino de Ciências deve ser pautado na formação crítica do indivíduo, possibilitando a este a participação social em questões relacionadas ao conhecimento científico e tecnológico e a implicação destes em seu ambiente, sendo este o propósito fundamental do Currículo CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) (FREITAS; SEGATTO, 2014; SANTOS, 2015).

Diversos temas em Biologia têm ganhado espaço nos meios de divulgação científica pela relevância destes quanto a aspectos tecnológicos e sociais, principalmente. Neste contexto, a Biotecnologia tem estado cada vez mais presente nestes meios, devido à popularização de técnicas aplicadas desde a produção de alimentos até a saúde humana (COSTA; COSTA, 2009).

O currículo CTS surge pela necessidade de dinamizar o ensino de Biologia, através de questionamentos acerca da validade do conhecimento científico, bem como as consequências práticas deste. Com isso, as Ciências e a Biologia especificamente, deixam de ser tratados somente como conceitos aparentemente distantes e passam a fazer parte do cotidiano do indivíduo de maneira significativa. Para tanto, é necessário a inclusão de temas presentes na realidade cotidiana dos estudantes aos temas a serem tratados em aula. Além disso, se conhece a importância de discussões voltadas à resolução de situações-problema, instigando os alunos à busca por soluções (CONRADO; EL-HANI, 2010).

A utilização de materiais didáticos para atender a proposta CTS vem sendo adotada por diversos autores, para diferentes áreas dentro das ciências. Quanto a estes materiais, destaca-se a importância da pluralidade de abordagens

destes, além da necessidade de adequação destes à realidade do aluno (NASCIMENTO; LINSINGEN, 2006).

3.3. Materiais Didáticos

Sinônimo de recursos ou tecnologias educacionais, os materiais didáticos podem ser definidos como qualquer ferramenta utilizada com a finalidade de auxiliar o processo de ensino e aprendizagem, através da ludicidade e estimulação do aluno. Tais materiais podem ser classificados como recursos visuais, auditivos e audiovisuais, conforme apresentado na Tabela 1. Uma das principais funções do material didático é a promoção do dinamismo em sala de aula, por despertar a curiosidade e atenção para o tema abordado (FREITAS, 2009).

Tabela 1: Alguns materiais didáticos organizados de acordo com a classificação brasileira de materiais didáticos.

Recursos visuais	Recursos auditivos	Recursos audiovisuais
Cartazes	CDs	Filmes
Exposições	Aparelhos de som	Softwares
Fotografias	Músicas	Aparelho de DVD
Ilustrações		
Livros		
Modelos		
Lousa		
Jogos		

Fonte: Adaptado de Freitas (2009).

É importante destacar que o uso de metodologias baseadas na utilização de materiais didáticos é capaz de tornar o processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico e efetivo, uma vez que torna o conteúdo mais acessível aos discentes e facilita a atividade docente (ARAÚJO, 2014). Além disso, a pluralidade de ferramentas pedagógicas permite, entre outras coisas, explorar as diferentes características e necessidades em aprendizagem de cada indivíduo (MURCIA, 2008 *apud* PINTO, 2009).

No âmbito das Ciências Biológicas, a necessidade de materiais de ensino é ainda maior, visto que há grande dificuldade quanto à demonstração de processos

biológicos, bem como a dificuldade na compreensão de terminologias e conceitos que por vezes demonstram-se demasiadamente abstratos aos estudantes. Dentre os principais materiais didáticos, o livro didático ainda permanece como recurso primordial, porém, abordagens baseadas na utilização de jogos didáticos também apresentam significativa utilização (ARAÚJO, 2014).

3.3.1. Livros Didáticos

O livro didático consiste em uma obra impressa, produzida com a finalidade de facilitar o processo de ensino e aprendizagem através de textos base e exercícios sobre os temas propostos. Estes são materiais didáticos de grande relevância, devido à facilidade de acesso aos mesmos por parte de professores e alunos da Educação Básica, e se estabeleceram no cenário educacional brasileiro devido a circunstâncias históricas e políticas (SANTOS, 2014; RODRIGUES, 2015).

Os livros didáticos são regulamentados pelo Decreto 9154 de 1985, que instituiu o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Desde então, periodicamente realizam-se reavaliações quanto ao conteúdo trazido por estes materiais, verificando se os mesmos se encontram em consonância com as propostas de ensino contidas nos PCNEM e ao conhecimento científico atual. No entanto, eles não devem ser entendidos como uma fonte isenta de falhas ou mesmo como uma referência única, fazendo-se necessário o uso de subsídios adicionais, tais como exercícios e atividades que atendam à proposta pedagógica (VERCEZE; SILVINO, 2008).

3.3.2. Jogos Didáticos

Os Jogos Didáticos são compreendidos como materiais didáticos produzidos para facilitar a aprendizagem pela estimulação e dinamismo. Estes são importantes ferramentas de ensino por apresentarem potencial lúdico, isto é, são capazes de promover aprendizagem ao mesmo tempo em que geram satisfação, diversão e voluntariedade por parte de quem os utiliza (DOMINGOS; RACENA, 2010; CUNHA, 2012).

Neste sentido, a utilização destes jogos tem ganhado cada vez mais espaço no ambiente escolar. Destaca-se a sua importância como ferramenta

motivadora, pois gera um ambiente prazeroso e enriquecido, permitindo a exploração de diversas habilidades dos estudantes, como a capacidade cognitiva, a socialização e a criatividade. Porém, faz-se necessário que eles se adaptem à realidade dos estudantes, à faixa etária e às necessidades quanto ao conteúdo abordado (SANTOS et al., 2015).

Convém salientar que o termo lúdico deriva da palavra latina *ludus*, cujo significado corresponde a jogo. Porém, este termo tornou-se reconhecido como um traço de psicofisiologia do comportamento humano, associado às reações de prazer, bem estar e espontaneidade (MAURÍCIO, 2008). Os jogos didáticos carregam a intencionalidade de gerar experiências lúdicas, porém, não se pode afirmar que tais atividades apresentarão o mesmo significado para todos que dela participam, uma vez que a ludicidade se trata de uma experiência pessoal (DOMINGOS; RACENA, 2010).

3.4. Considerações sobre Biotecnologia

A Biotecnologia compreende o conjunto de técnicas e processos que utilizam seres vivos ou parte destes para obtenção e melhoramento de processos biológicos (SANTOS; LEMOS, 2015). A primeira definição de Biotecnologia foi proposta por Karl Ereky em 1919, alguns anos após a execução de um projeto pioneiro para produção de suínos em larga escala. Ereky caracterizou-a como “a ciência e os métodos que permitem a obtenção de produtos a partir de matéria-prima, mediante a intervenção de organismos vivos” (MALAJOVICH, 2012).

Neste sentido, ela integra diversas áreas do conhecimento, caracterizando-se como uma ciência multidisciplinar. Comumente, a Biotecnologia é dividida em tradicional e moderna. Entende-se por Biotecnologia tradicional o conjunto de técnicas baseadas na utilização de organismos com suas características genéticas não modificadas, como por exemplo, a utilização de microorganismos com função fermentadora. A Biotecnologia moderna, por sua vez, surgiu a partir do desenvolvimento da Genética Molecular e Biologia Molecular, tendo como marco central a descoberta da estrutura do DNA por James Watson e Francis Crick. Com o desenvolvimento de técnicas de Engenharia Genética, a produção de organismos geneticamente modificados tornou possível a seleção de características genéticas de interesse humano (MALAJOVICH, 2012; CHAVES; CAMAROTTI, 2015).

A inclusão de temas em Biotecnologia no ensino de Ciências e Biologia se fazem necessários uma vez que diversos produtos e processos biotecnológicos estão presentes em nosso dia-a-dia, atendendo a diversos setores. Os principais setores são os de produção de energia, produtos industriais, tecnologias direcionadas ao meio ambiente, agricultura, pecuária, alimentação e saúde (MALAJOVICH, 2012).

3.4.1. Engenharia Genética

Durante muito tempo os estudos voltados à análise da estrutura e função do DNA apresentavam uma importante limitação, pois os métodos para isolamento desta molécula carregavam consigo uma série de contaminantes. Somente em 1869, Friedrich Miescher desenvolveu um método de purificação que permitia o isolamento dos ácidos nucleicos das proteínas celulares (YAMAZAKI; SANTOS; STUANI, 2014).

Os métodos para extração e isolamento de DNA foram subsídios para o nascimento da Engenharia Genética e da Biotecnologia moderna. Estas por sua vez, surgiram em 1973, quando Stanley Cohen e Herbert Boyer inseriram um gene de eucarioto em uma célula procariota. Tal feito só foi possível devido à descoberta das endonucleases de restrição, em 1971. Estas enzimas permitiram uma série de avanços quanto à manipulação do DNA, pois são capazes de clivar regiões específicas de sequências nucleotídicas, permitindo a inserção de novos fragmentos de DNA em células hospedeiras (ROBERTS, 2005; HUGHES, 2011).

Mais recentemente, em 1983, Kary Mullis desenvolveu uma técnica para amplificação de amostras de DNA *in vitro*. A técnica conhecida como PCR (do inglês, *Polymerase Chain Reaction*) tornou-se uma das principais ferramentas em Biologia Molecular e Genética Molecular, por permitir a obtenção de várias cópias de DNA a partir de um fragmento inicial (MARDIS, 2013).

Outra importante técnica para a análise de DNA, a Eletroforese em gel, antecede todas as anteriormente apresentadas. Após o surgimento da Tecnologia do DNA recombinante e da PCR, a Eletroforese em gel tornou-se uma técnica indispensável para análise de material genético. O termo eletroforese foi proposto por Michaelis em 1909. Porém, somente em 1937, Arne Tiselius utilizou o princípio de eletroforese para separar biomoléculas (MORAES, et al. 2013).

3.5. Biotecnologia no Ensino de Biologia

Os meios de divulgação científica vêm aproximando a Biotecnologia ao cotidiano dos indivíduos através da apresentação de técnicas aplicadas principalmente à saúde humana, à agropecuária e à produção de alimentos (FONSESA; BOBROWSKI, 2015).

Conforme proposto pelos PCNEM, o ensino de Biologia deve ser realizado de maneira contextualizada e articulada às demais ciências e questões sociais presentes na realidade dos alunos. O objetivo desta articulação é propiciar ao aluno a capacidade de compreender globalmente o ambiente onde se está inserido. Para tanto, o aluno necessita entender os processos biológicos fundamentais em todos os seus níveis, estendendo-se desde as relações estabelecidas entre átomos até a relação entre organismos de diferentes espécies (BRASIL, 1999; BRASIL, 2002).

Ainda com base nos PCNEM, o ensino de técnicas em Biotecnologia como, por exemplo, a clonagem, o uso de técnicas direcionadas à identificação humana e a produção de organismos geneticamente modificados, devem vir acompanhadas de suas implicações sociais e éticas quanto ao uso destas tecnologias (BRASIL, 1999; BRASIL, 2002).

É importante destacar que os livros didáticos vêm dedicando tópicos em Biotecnologia voltados principalmente a aplicações biotecnológicas para a saúde e identificação humana (FONSESA; BOBROWSKI, 2015). Além dos LD, a Biotecnologia também ganha espaço em vestibulares e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Nestes exames, tem-se como proposta de avaliação o conhecimento integrado acerca da Biologia Celular, Genética, Microbiologia e Biotecnologia, por exemplo, em questões voltadas principalmente a aplicações de técnicas destas áreas para resolução de problemas de interesse humano (SANTOS; CORTELAZZO, 2013).

4. METODOLOGIA

O presente trabalho consistiu na análise de livros didáticos de Biologia do 3º ano do ensino médio quanto aos conteúdos relacionados à Engenharia Genética e técnicas associadas, como eletroforese em gel, clonagem, transgênicos e melhoramento genético. Paralelo a isso, foi elaborado um jogo didático sobre técnicas e aplicações de Engenharia Genética para subsidiar o processo de ensino-aprendizagem acerca deste tema. Para tanto, realizou-se a análise de cinco livros didáticos de Biologia para o Ensino Médio (Tabela 2). A escolha dos livros para a análise se deu pela disponibilidade destes materiais no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Sergipe. Na primeira etapa da análise foram verificados os tópicos em Biotecnologia listados nos livros didáticos analisados (Quadro 1), buscando verificar se havia relação entre a data de publicação das obras e o total de tópicos em Biotecnologia.

Tabela 2: Livros didáticos de Biologia do Ensino Médio utilizados para análise de conteúdos biotecnológicos

Obra	Autores	Título da obra	Editora	Ano
A	AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R.	Biologia das populações 3	Moderna	2009
B	SILVA-JÚNIOR, C.; SEZAR, S.; CALDINI-JÚNIOR, N.	Biologia 3	Saraiva	2013
C	LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.	Biologia Hoje 3	Ática	2013
D	LOPES, S.; ROSSO, S.	Conecte 3	Saraiva	2014
E	BIZZO, N.	Novas bases da Biologia 3	Ática	2014

Após a análise inicial, restringiu-se o objeto de estudo aos conteúdos relacionados à manipulação do DNA. Para tanto, realizou-se uma análise mais estreita, adaptada de Chaves; Camarotti (2015). Tal delineamento consistiu na busca por termos-chave dentro das seções de Biotecnologia nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio analisados (Quadro 2). Após a definição de todos estes termos, estabeleceram-se quais termos tinham ocorrência em todos os livros utilizados. Estes foram utilizados para a elaboração das questões presentes no Tabuleiro de Engenharia Genética (TEG), visando propor um jogo adaptado aos livros didáticos disponíveis.

Quadro 1: Tópicos em Biotecnologia listados nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio utilizados para análise

Obra	Ano	Temas Listados
AMABIS & MARTHO	2009	Melhoramento genético Cultura de tecidos vegetais Aconselhamento genético Enzimas de restrição Clonagem de DNA Transgênicos Genoma humano Terapia gênica
CESAR, SEZAR & CALDINI	2013	DNA recombinante Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) Transgênicos Células-tronco e clonagem terapêutica Genomas Utilização do DNA na identificação humana Clonagem de DNA Biotecnologia aplicada à reprodução humana
LINHARES & GEWANDSZNAJDER	2013	DNA recombinante Enzimas de restrição Clonagem Eletroforese em Gel Diagnóstico de doenças genéticas Sequenciamento de genomas Terapia gênica Transgênicos
LOPES & ROSSO	2014	DNA recombinante Clonagem de DNA Identificação humana e triagem populacional Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) Variabilidade humana Terapia gênica Vacina gênica Transgênicos Biologia Sintética Aconselhamento genético e Diagnóstico pré-natal
BIZZO	2014	Hibridização de espécies vegetais DNA recombinante Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) Eletroforese em Gel Transgênicos Vacina gênica

A análise de conteúdo dos livros também se deu pela adaptação da metodologia proposta por Vasconcelos; Souto (2003). Neste caso, foram verificados somente os aspectos relacionados ao conteúdo teórico presente nos livros didáticos utilizados nesta pesquisa. Foram estabelecidos quatro critérios para avaliação das seções relacionadas à Biotecnologia. Os critérios estabelecidos avaliaram os LD quanto à adequação à série em que estes materiais são utilizados, a forma de apresentação dos conteúdos, a coerência entre as definições apresentadas e a existência de textos complementares dentro dos tópicos em Biotecnologia.

Para a confecção do Tabuleiro de Engenharia Genética (TEG) (Apêndice 1), foram elaboradas questões pertinentes aos conteúdos em tecnologia do DNA recombinante, plasmídeos, transgênicos, endonucleases de restrição, eletroforese em gel e clonagem. Estes temas foram observados nos livros didáticos de Biologia do 3º ano do Ensino Médio utilizados. Neste sentido, as questões foram elaboradas com base nos conteúdos observados nestes livros e em processos seletivos vestibulares, incluindo o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

Desse modo, as questões foram estruturadas em fichas para impressão em papel A4, bem como as demais peças do jogo (tabuleiro, dado e pião). Para desenvolvimento do jogo, os participantes deverão estabelecer uma ordem de jogada. Estes receberão um pião que será deslocado sobre o tabuleiro à medida que as questões são respondidas corretamente. O número de casas a avançar será determinado pelo dado, que deverá ser lançado após cada questão corretamente respondida. A quantidade de participantes deve ser limitada a 2, 3 ou 4 jogadores, sendo necessário um mediador para realizar leitura das questões e conferência das respostas. As fichas contendo as questões deverão ser embaralhadas e empilhadas, cabendo ao jogador mediador realizar a leitura das fichas para os participantes. As fichas usadas deverão ser empilhadas separadamente, e caso estas se esgotem, deverão ser novamente embaralhadas e o jogo prosseguirá normalmente. A equipe vencedora será aquela que primeiro atingir a última casa do tabuleiro. Convém salientar que para a execução do referido jogo, faz-se necessário que os conteúdos relativos ao mesmo tenham sido previamente trabalhados em sala de aula.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados expressos no Quadro 1, observou-se que houve semelhança entre os conteúdos abordados pelas obras analisadas quanto aos capítulos sobre Biotecnologia, não havendo relação direta entre total de tópicos e ano de publicação das obras. Tal conclusão foi obtida através da comparação entre a obra mais antiga, a de Amabis; Martho (2009) e as mais atuais, a de Lopes; Rosso (2014) e a de Bizzo (2014). Pode-se observar que os conceitos básicos inerentes à Biotecnologia foram mantidos, como por exemplo, itens relacionados à clonagem, transgênicos, eletroforese em gel e endonucleases de restrição.

Conforme destaca-se no Quadro 2, as cinco obras diferiram quanto ao enfoque adotado por cada autor. Pode-se observar tal fato através dos termos-chave listados. Desse modo, Amabis; Martho (2009) apresentaram aspectos biotecnológicos voltados principalmente ao melhoramento genético aplicado à pecuária e à produção de alimentos. Por outro lado, César; Sezar; Caldini (2013), Linhares; Gewandsznajder (2013), Lopes; Rosso (2014) e Bizzo (2014) deram ênfase às aplicações biotecnológicas para a saúde e identificação humana. Porém, vale ressaltar que Lopes; Rosso (2014) apresentam técnicas biotecnológicas muito mais sofisticadas para identificação humana, como por exemplo, a utilização de Polimorfismos de Nucleotídeo Único (SNPs) e da técnica de Western Blot para identificação humana, juntamente com a metodologia clássica baseada na análise de sequências repetitivas de DNA (VNTRs). Por outro lado, Bizzo (2014) apresenta tais aplicações de forma bastante breve. Já, a obra de César; Sezar; Caldini (2013) destacou-se das demais por apresentar conteúdo referente à utilização de células-tronco adultas e embrionárias, abrindo a possibilidade de discussões acerca da aplicação destas na recuperação de tecidos lesionados e tratamentos de doenças degenerativas.

Alguns dos termos-chave listados no Quadro 2 foram observados em todas as obras analisadas. Tais temas foram os Organismos Geneticamente Modificados (OGM) ou transgênicos, Tecnologia do DNA Recombinante ou Engenharia Genética, plasmídeo, gene, insulina, clones e clonagem, Endonucleases de Restrição e Eletroforese em gel. Estes termos foram os mais utilizados e serviram de base para elaboração do Tabuleiro de Engenharia Genética (TEG).

Quadro 2: Termos-chave observados em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio utilizados para análise de conteúdos em Biotecnologia

Termos – Chave	AMABIS & MARTHO	SILVA, SEZAR & CALDINI	LINHARES & GEWANDSZNAJDER	LOPES & ROSSO	BIZZO
OGM	x	x	x	x	x
Tecnologia do DNA recombinante	x	x	x	x	x
Engenharia Genética		x	x	x	
Plasmídeo	x	x	x	x	x
Microorganismo		x		x	x
Transgênico	x	x	x	x	x
Gene	x	x	x	x	x
Insulina	x	x	x	x	x
Genetecas/Biblioteca de DNA		x		x	
Vetores	x	x		x	
Vírus	x	x	x	x	
Endonucleases/Enzimas de restrição	x	x	x	x	x
DNA polimerase		x			x
PCR	x	x		x	x
Biofábricas		x			
<i>Terminator</i>		x			
Terapia gênica	x	x	x	x	
DNA <i>Finger-print</i>		x	x	x	x
Eletroforese em Gel	x	x	x	x	x
Clones e clonagem	x	x	x	x	x
Sequenciamento de DNA	x	x	x	x	
DNA lixo		x			
Genética Molecular	x		x		x
<i>Escherichia coli</i>		x	x		x
<i>Eco R1</i>			x	x	x
DNA Ligase	x		x	x	
DNA	x	x	x	x	x
Sonda			x		
Aconselhamento genético	x		x	x	
Genoma	x	x	x	x	
Testes genéticos			x	x	x
Biotecnologia			x	x	x
Biofortificação				x	
VNTRs				x	
Hibridização				x	
SNPs				x	
Células-tronco			x		
Vacina Gênica				x	x
Proteoma				x	
Bioética			x	x	
Vigor híbrido	x				x

Clivagem	x
Desnaturação	x
Embrapa	x
CTNBIO	x
Melhoramento Genético	x
Enxertia	x
Cultura de tecidos vegetais	x
Variabilidade genética	x
Casamentos consanguíneos	x

Acredita-se que as semelhanças observadas entre os conceitos básicos contidos nos livros aqui analisados (Quadro 1) quanto à temática em questão se devem à inserção de temas biotecnológicos no contexto social, desde 1960, através dos meios de comunicação e de divulgação científica. Além disso, a partir de 2002, os PCNEM normatizaram e estabeleceram alguns requisitos quanto ao ensino de Biotecnologia (XAVIER; FREIRE; MORAES, 2006), explicando a similaridade em relação aos principais temas abordados nos livros analisados.

Com relação aos parâmetros de avaliação dos conteúdos biotecnológicos observados nos livros didáticos em questão, foram adotados quatro critérios, conforme exposto na Tabela 5. Quanto ao primeiro critério, adequação à série, adotou-se como adequado os textos que abordaram o conteúdo de forma acessível aos leitores, sem simplificações excessivas ou conceitos científicos muito rebuscados. Todas as obras analisadas (Tabela 5) apresentaram-se adequadas ao nível de ensino proposto. Por outro lado, quanto ao texto, o segundo critério de avaliação teve como base a clareza na apresentação de definições. Observou-se que todos os livros demonstraram textos claros com definições objetivas e utilização de exemplos visando facilitar a compreensão acerca do conceito apresentado. Já, o terceiro parâmetro referiu-se à conexão entre as informações contidas nos textos, às imagens e boxes com textos complementares. Notou-se que todos os capítulos dos livros utilizados (Tabela 5) atenderam tal critério, estabelecendo sequências de conteúdo e conexão entre imagens e texto. E, quanto ao último parâmetro utilizado desta análise, verificou-se que todas as obras apresentaram textos complementares, sendo estes das mais diversas naturezas. As principais temáticas abordadas nos textos complementares foram referentes ao histórico de algumas técnicas biotecnológicas, aplicações biotecnológicas para a saúde e curiosidades dentro de temas relacionados ao capítulo. Neste sentido, observou-se que apenas Linhares;

Gewandsznajder (2013) e Lopes; Rosso (2014) apresentaram boxes relacionados à bioética relacionada a questões biotecnológicas. Tal fato está em consonância com o que os PCNEM propõem, ou seja, o ensino de Biotecnologia deverá estar estritamente relacionado às questões socioambientais, visando assim à compreensão do conhecimento científico em associação com as implicações nos mais diversos aspectos cotidianos dos indivíduos.

Tabela 3: Avaliação de conteúdos de Biotecnologia em livros didáticos de Biologia do 3º ano do Ensino Médio

Obras	Adequação à série	Clareza nas definições	Coerência entre as informações	Textos complementares
A	Sim	Sim	Sim	Presentes
B	Sim	Sim	Sim	Presentes
C	Sim	Sim	Sim	Presentes
D	Sim	Sim	Sim	Presentes
E	Sim	Sim	Sim	Presentes

6. CONCLUSÕES

Os livros didáticos *Biologia das Populações* (Amabis; Martho, 2009), *Biologia 3* (César; Sezar; Caldini, 2013), *Biologia Hoje* (Linhares; Gewandsznajder, 2013), *Biologia: Conecte 3* (Lopes; Rosso, 2014) e *Novas Bases da Biologia* (Bizzo, 2014) analisados neste trabalho quanto ao tema *Biotecnologia*, apresentam conteúdos biotecnológicos básicos em consonância com aqueles propostos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, relacionando-os às tecnologias e às aplicações atuais. Contudo, o que difere entre eles é apenas a metodologia de abordagem conceitual dos temas destacados.

O material didático, *Tabuleiro de Engenharia Genética*, produto desta pesquisa, é uma ferramenta didática que trata sobre aspectos biotecnológicos, o que lhe torna útil no processo de ensino e aprendizagem de *Biologia*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C. M. L. R. *A importância dos recursos didáticos no ensino de Ciências e Biologia*. 2014. 46p. Monografia (Especialização em Fundamentos da Educação) - Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, 2014.

BEZERRA, R. G.; NASCIMENTO, L. M. C. T. Concepções de discentes do ensino fundamental de Formosa (GO) sobre o ensino da disciplina de Ciências. *Revista Itinerarius Reflectionis*, v. 1, n. 16, jan/ jun, p. 1-14, 2014.

BRÃO, A. F. S.; PEREIRA, A. M. T. B. Biotecnética: Possibilidades do jogo no ensino de Genética. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. v. 14, n. 1, jan/jun p. 55-76, 2015.

BRASIL, BASES LEGAIS - Parâmetros Curriculares Nacionais; MÉDIO, Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL, BASES LEGAIS - Parâmetros Curriculares Nacionais; MÉDIO, Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino. PCN+ para o Ensino de Ciências e Matemática. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

BRASIL. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias/ Secretaria de Educação Básica-Brasília: Ministério da Educação, 2006. (Orientações Curriculares para o Ensino Médio; Volume 2).

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Lei nº 13.005, 25 de Junho de 2014. Plano Nacional de Educação. Brasília: Ministério da Educação, 2014.

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. R. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 1, p. 165-175, 2007.

CHAVES, E. J. F.; CAMAROTTI, M. F. Livros didáticos de Biologia do ensino médio: Uma análise de conteúdo dos temas de Biotecnologia e Engenharia Genética. *Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica*, v. 5, n. 3, p. 86-112, 2015.

CUNHA, M. B. Jogos no ensino de Química: Considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. *Revista Química Nova na Escola*, v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.

CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N. Formação de cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de Ciências. In: *II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia* (II SINECT), Ponta Grossa, UTFPR, 2010.

COSTA, M. A. F.; COSTA, M. F. B. (Org.) *BIOSSEGURANÇA DE OGM: uma visão integrada*. Rio de Janeiro: Publit, 2009.

DOMINGOS, D. C. A.; RACENA, M. C. P. Elaboração de jogos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de química: a construção do conhecimento. *Revista Ciências e Cognição*, v. 15, n. 1, p. 272-281, 2010.

FONSECA, V. B.; BOBROWSKI, V. L. Biotecnologia na escola: A inserção do tema nos livros didáticos de Biologia. *Revista Acta Scientiae*, v. 17, n. 2, p. 496-509, 2015.

FREITAS, C. C. G.; SEGATTO, A. P. Ciência, tecnologia e sociedade pelo olhar da Tecnologia Social: um estudo a partir da Teoria Crítica da Tecnologia. *Cadernos EBAPE-BR*, v. 12, n. 2, p. 302-320, abr./jun, 2014.

FREITAS, O. **Equipamentos e materiais didáticos: Manutenção, conservação e emprego dos materiais e equipamentos didáticos**. Brasília: Universidade de Brasília, 2009.

GOUVEIA, A. B.; CRUZ, R. E.; OLIVEIRA, J. F.; CAMARGO, R. B. Condições de trabalho docente, ensino de qualidade e custo-aluno-ano. *Revista Brasileira de Política e Administração da Educação*, v. 22, n.2, p. 253-276, 2006.

HUGHES, S. S. *Genentech: The Beginnings of Biotech*. Chicago: The University of Chicago Press, 2011. 232p.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 4ª Ed, 2008.

MALAJOVICH M. A. **Biotecnologia 2011**. Rio de Janeiro: Edições da Biblioteca Max Feffer do Instituto de Tecnologia ORT, 2012. 320p.

MARANDINO, M. SELLES, S. E. FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009.

MARDIS, E. R. Next-Generation Sequencing Platforms. *Annual Review of Analytical Chemistry*, v. 6, 278-303, 2013.

MAURÍCIO, J. T. Aprender brincando: o lúdico na aprendizagem. Disponível em: <http://www.psicopedagogia.com.br/new1_opinioao.asp?entrID=678#.V7dXEJgrLIU>, Acesso em: 19/08/2016.

MORAES, C. S.; OLIVEIRA JUNIOR, F. O. R.; MASSON, G. REBELLO, K. M.; SANTOS, L. O.; BASTOS, N. F. P.; FARIA, R. C. R. **Série em Biologia Celular e Molecular - Métodos experimentais no estudo de proteínas**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2013. 86 p.

MURCIA, J.A.M. **Aprendizagem através do jogo**. Porto Alegre: Editora Artmed. 2005.

NASCIMENTO, T. G.; LINSINGEN, I. V. Articulações entre o enfoque CTS e a pedagogia de Paulo Freire como base para o ensino de Ciências. *Revista Convergência*, n. 42, p. 95-116, 2006.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L.; SILVA, I. K. P.; CAMPOS, A. P. N. A seleção dos livros didáticos: Um saber necessário ao professor. O caso do ensino de ciências. *OEI-Revista Iberoamericana de Educación*, v. 1681, p. 56-63, 2003.

PINTO, L. T. *O uso de jogos didáticos no ensino de Ciências no primeiro segmento do ensino fundamental da rede municipal pública de Duque de Caxias*. 2009. 132p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Nilópolis, 2009.

POZO, J. I.; CRESPO, M. Á. G. **A aprendizagem e ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ROBERTS, R. J. How restriction enzymes became the workhorses of Molecular Biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 102, n. 17, p. 5905-5908, 2005.

RODRIGUES, L. Z. *O professor e o uso do livro didático de Biologia*. 2015. 338p. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SANTOS, A. V. B. P.; LEMOS, L. R. *Evolução histórica e o impacto da Biotecnologia na área da saúde e da enfermagem*. 2015. 20p. Monografia (Graduação em Enfermagem) – Universidade Tiradentes, Aracaju, 2015.

SANTOS, B. A. L. *Os experimentos de Química nos livros didáticos de ciências: possibilidades e limitações*. 2014. 22p. Monografia (Graduação em Ciências Naturais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SANTOS, E. P. *Concepções dos licenciandos em Química da Universidade Federal de Sergipe (UFS) sobre a contextualização crítica numa perspectiva de ensino CTS*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

SANTOS, J. S.; CORTELAZZO, A. L. Os conteúdos de Biologia Celular no Exame Nacional do Ensino Médio-ENEM. *Revista Avaliação*, v. 18, n. 3, p. 591-612, 2013.

SANTOS, U. F.; MACHADO, A. F.; FLORES, A.; PESTANA, F. G. O uso de jogos didáticos como estratégia de ensino. *In: Anais da Jornada Científica – Integração: Educação, Sociedade e Tecnologia*, 2015.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Revista Ensaio*, v. 2, n.2 133-162, 2002.

VASCONCELOS, S. D.; SOUTO, E. O livro didático de Ciências no ensino fundamental – proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. *Revista Ciência e Educação*, v. 9, n. 1, p. 93-104, 2003.

VERCEZE, R. M. A. N.; SILVINO, E. F. M. O livro didático e suas implicações na prática do professor nas escolas públicas de Guajará-Mirim. *Revista Práxis Educacional*, v. 4, n. 4, p. 83-102, jan./jun, 2008.

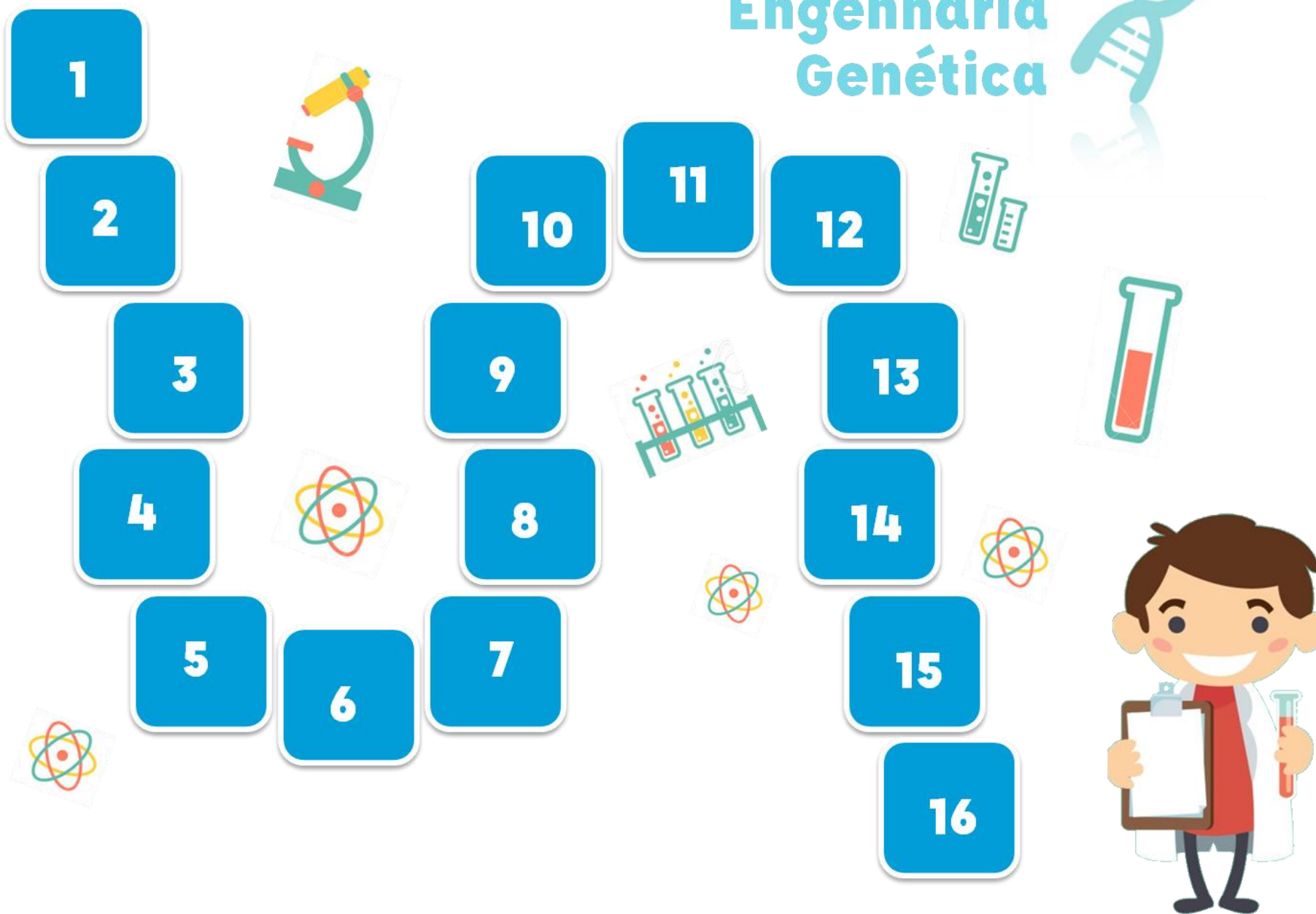
ZUANON, A. C. A.; DINIZ, R. H. S.; MASCIMENTO, L. H. Construção de jogos didáticos para o ensino de Biologia: um recurso para integração dos alunos à prática

docente. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 3, n. 3, set./dez., p. 49-59, 2010.

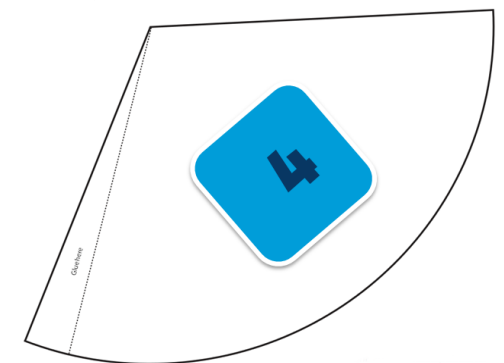
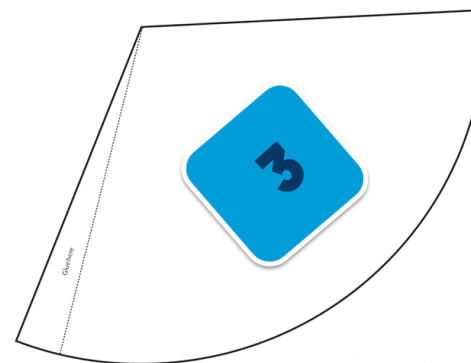
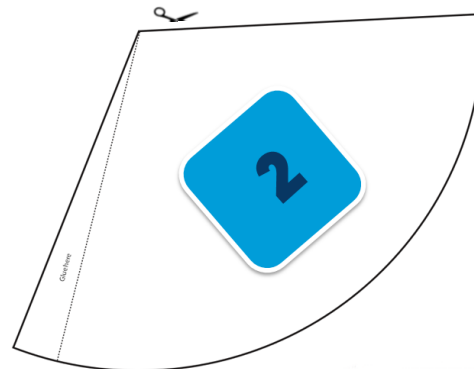
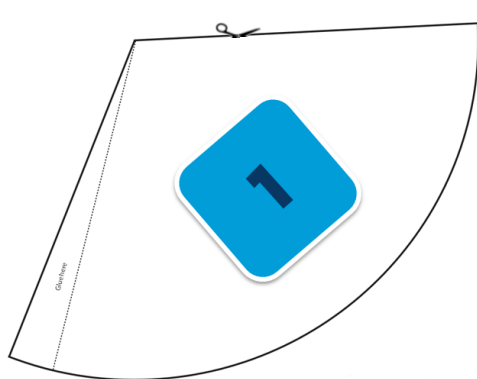
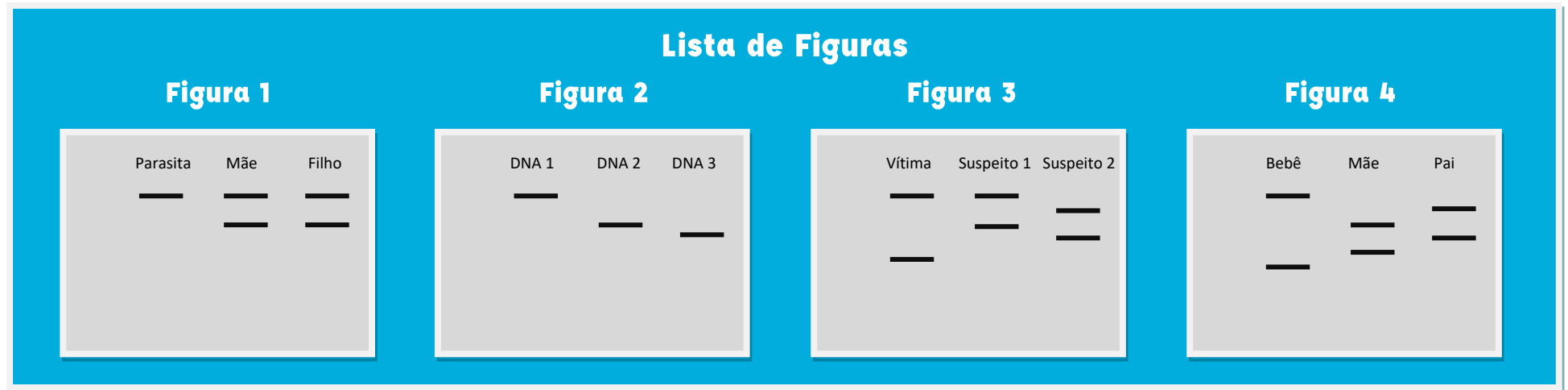
YAMAZAKI, R. M. O; SANTOS, J. V. A.; STUANI, G. M. Extração da molécula de DNA na escola e a história da biologia: uma articulação necessária. In: *Encontro de História e Filosofia da Biologia*, 2014. Ribeirão Preto: Caderno de Resumos, USP-Ribeirão Preto, 2014, p.271-276.

XAVIER, M. C. F.; FREIRE, A. S.; MORAES, M. O. A nova (moderna) Biologia e a Genética nos livros didáticos de Biologia no Ensino Médio. *Revista Ciência e Educação*, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.

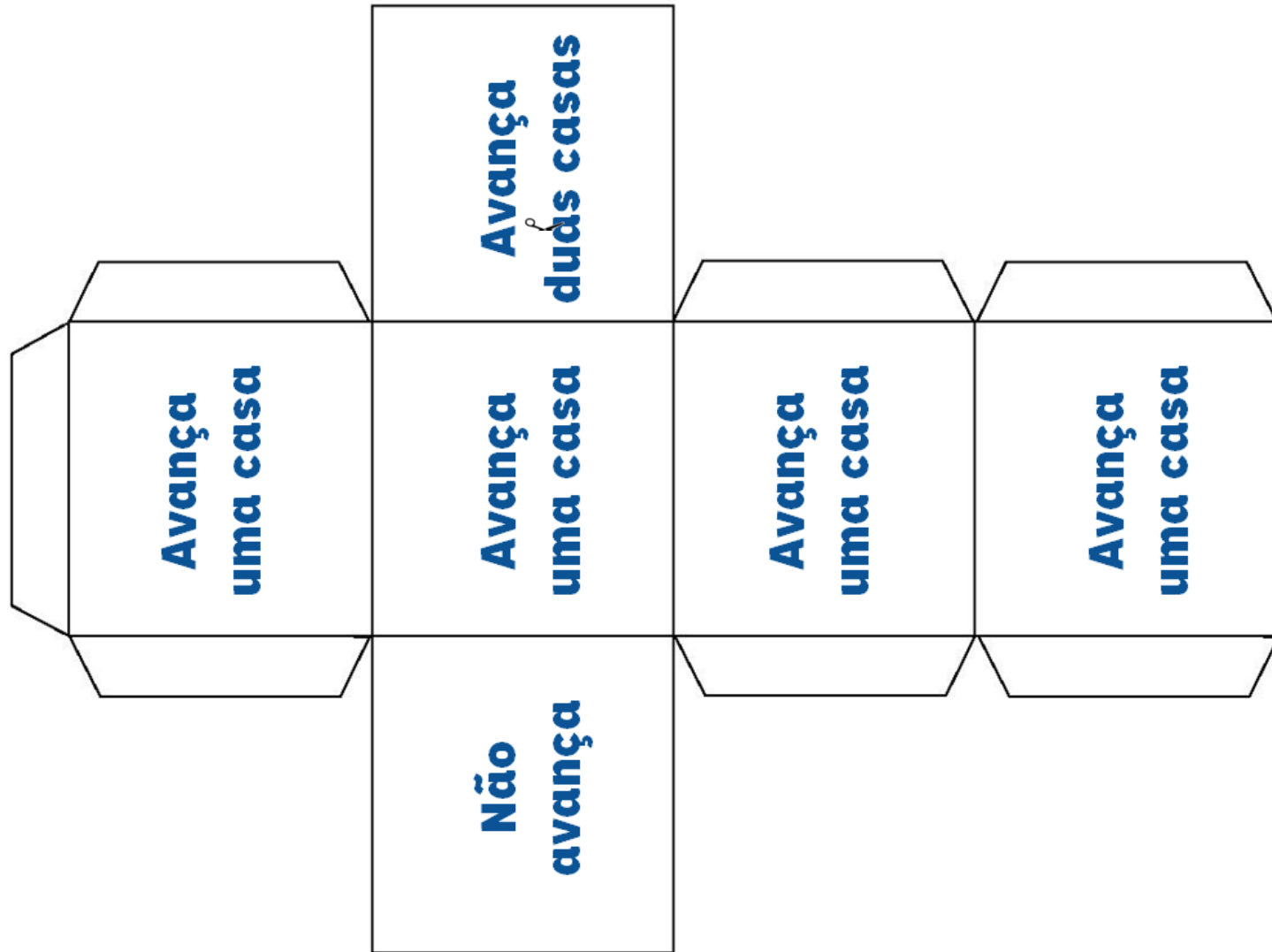
Tabuleiro de Engenharia Genética



APENDICE 2: Lista de figuras referente às questões 25, 36 e 44. Peões do TEG



APÊNDICE 2: Dado do TEG



APÊNDICE 3: Fichas do TEG

<p>1. Em português, qual o significado da sigla DNA?</p> <p>(a) Ácido Desidrogenado Ribonucleico (b) Açúcar Desoxirribonucleico (c) Ácido Desoxirribonucleico (d) Ácido Descarboxilado Ribonucleico</p>	<p>2. “Um segmento de DNA com informação para a síntese de um mRNA que codifica uma proteína” é um:</p> <p>(a) Gene (b) Alelo (c) Códon (d) Código Genético</p>	<p>3. A inserção de um plasmídeo recombinante em uma célula bacteriana é um processo denominado:</p> <p>(a) Síntese proteica (b) Transformação bacteriana (c) Replicação (d) Transcrição</p>	<p>4. Qual dos processos abaixo ocorre exclusivamente em vírus cuja informação genética encontra-se em moléculas de RNA?</p> <p>(a) Replicação (b) Transcrição (c) Tradução (d) Transcrição reversa</p>	<p>5. Qual destas enzimas realiza a ligação entre regiões do DNA clivado por endonucleases de restrição?</p> <p>(a) DNA Polimerase (b) RNA Polimerase (c) RNA Ligase (d) DNA Ligase</p>
<p>6. Se uma sequência de mRNA apresenta 600 códons, qual o número esperado de aminoácidos da proteína sintetizada?</p> <p>(a) 200 (b) 100 (c) 400 (d) 600</p>	<p>7. Se um hormônio peptídico apresenta 100 aminoácidos, quantos códons tinha o mRNA que o sintetizou?</p> <p>(a) 100 (b) 300 (c) 150 (d) 200</p>	<p>8. Por que há necessidade da aplicação de diferentes cargas elétricas em um gel de eletroforese?</p> <p>(a) Para manter a temperatura do gel constante, evitando a desnaturação do DNA. (b) Para visualização das bases nitrogenadas através da adição de corantes especiais. (c) Para que o DNA migre de uma extremidade a outra, separando as moléculas de DNA de acordo com seu tamanho e peso molecular.</p>	<p>9. Qual a função do início (origem) de replicação em um plasmídeo?</p> <p>(a) Marcar o local de início da replicação (b) Indicar o início de uma sequência não-codificante. (c) Replicar a sequência de DNA (d) Unir dois fragmentos de DNA</p>	<p>10. Deposita-se em um gel para eletroforese dois fragmentos de DNA, um com 500 pb e outro com 350 pb. Qual dos fragmentos migrará com mais facilidade?</p> <p>(a) O de 500 pb (b) O de 350 pb (c) Os dois migrarão com a mesma facilidade</p>
<p>11. Deseja-se separar pela técnica de eletroforese uma biomolécula com carga total positiva. Em qual dos polos de uma cuba de eletroforese essa biomolécula deve ser depositada?</p> <p>(a) No polo positivo da cuba (b) No polo negativo da cuba</p>	<p>12. Deseja-se separar pela técnica de eletroforese uma biomolécula com carga total negativa. Em qual dos polos de uma cuba de eletroforese essa biomolécula deve ser depositada?</p> <p>(a) No polo positivo da cuba (b) No polo negativo da cuba</p>	<p>13. Deseja-se separar pela técnica de eletroforese em gel uma biomolécula com carga total positiva. Para qual dos polos da cuba de eletroforese essa biomolécula deverá migrar?</p> <p>(a) Para o polo positivo da cuba (b) Para o polo negativo da cuba</p>	<p>14. Deseja-se separar pela técnica de eletroforese uma biomolécula com carga total negativa. Para qual dos polos da cuba de eletroforese essa biomolécula deverá migrar?</p> <p>(a) Para o polo positivo da cuba (b) Para o polo negativo da cuba</p>	<p>15. Os géis utilizados na técnica de eletroforese são capazes de separar fragmentos de DNA por diferentes tamanhos por que:</p> <p>(a) Formam uma malha, semelhante a uma pista com obstáculos, por isso fragmentos menores migram com maior facilidade. (b) A presença das cargas elétricas impede a migração dos fragmentos maiores. (c) Formam uma malha com obstáculos, por isso os fragmentos não migram. (d) O gel de eletroforese liga-se com os</p>
<p>16. O que é a tecnologia do DNA Recombinante?</p> <p>(a) Inserção de um fragmento de DNA em outro organismo. (b) É o uso de inibidores de replicação. (c) Produção de alimentos transgênicos. (d) Nenhuma das alternativas anteriores.</p>	<p>17. Qual das alternativas abaixo representa uma aplicação da tecnologia de DNA Recombinante?</p> <p>(a) Propagação de células bacterianas nocivas ao ser humano. (b) Produção de proteínas de interesse médico. (c) Replicação de regiões não-codificante de interesse farmacológico. (d) Nenhuma das alternativas anteriores.</p>	<p>18. O desenvolvimento de alergias pelo consumo de alimentos transgênicos por alguns usuários se deve a:</p> <p>(a) Uso de agrotóxicos. (b) Presença de proteínas reconhecidas como antigênicas pelo sistema imunológico de alguns indivíduos. (c) Contaminação do alimento com parasitas, como amebas de vida livre. (d) Nenhuma das alternativas anteriores.</p>	<p>19. A criação da primeira “célula sintética” é um avanço científico que no futuro poderá possibilitar:</p> <p>(a) A multiplicação de bactérias em larga escala. (b) O sequenciamento do genoma de células sintéticas. (c) Criação de novas formas de vida menos resistentes a pragas. (d) Produção em larga escala de proteínas de interesse industrial e farmacológico.</p>	<p>20. Qual a diferença básica entre a reação de PCR e a clonagem em vetor?</p> <p>(a) Na clonagem em vetor são utilizados micro-organismos e vírus, já na PCR todo processo ocorre <i>in vitro</i>. (b) Na clonagem em vetor a taxa de erro na clonagem é menor. (c) Na reação de PCR são utilizadas enzimas sintéticas, e na clonagem não. (d) Nenhuma das alternativas anteriores.</p>

<p>21. Para realização de um teste de parentesco (Mãe e filha) qual a melhor opção de material para análise:</p> <p>(a) DNA Mitocondrial, pois os filhos e filhas sempre recebem suas mitocôndrias de suas mães.</p> <p>(b) Cromossomos Y, pois ambas possuem este cromossomo em seus genomas.</p> <p>(c) Cromossomos X, pois a filha só pode receber cromossomos X de sua mãe.</p> <p>(d) Cromossomos autossômicos, pois a filha apresentará 100% de seus cromossomos</p>	<p>22. Ao realizar uma eletroforese em gel com DNA nuclear (nDNA) e DNA mitocondrial (mtDNA) de células obtidas de dois irmãos gêmeos univitelinos, espera-se que:</p> <p>(a) As bandas de nDNA e mtDNA serão idênticas.</p> <p>(b) Somente as bandas de mtDNA serão idênticas.</p> <p>(c) Somente as bandas de nDNA serão idênticas.</p> <p>(d) Somente com a análise do gel de</p>	<p>23. Um óvulo sem núcleo foi obtido a partir de uma cobaia X. O óvulo recebeu o núcleo de uma célula de uma cobaia Z. Após isso, o óvulo com núcleo foi implantado no útero de uma cobaia Y. O animal que se desenvolverá a partir desse óvulo terá características de qual animal?</p> <p>(a) Apenas de X</p> <p>(b) Apenas de Z</p> <p>(c) De X e de Z</p> <p>(d) De Y e de X</p>	<p>24. Um óvulo sem núcleo foi obtido a partir de uma cobaia X. O óvulo recebeu o núcleo de uma célula de uma cobaia Z. Após isso, o óvulo com núcleo foi implantado no útero de uma cobaia Y. O animal que se desenvolverá a partir desse óvulo terá DNA mitocondrial de qual animal?</p> <p>(a) Apenas de X</p> <p>(b) Apenas de Z</p> <p>(c) De X e de Z</p> <p>(d) De Y e de X</p>	<p>25. Durante a gestação, uma mulher é infectada por um parasita capaz de atravessar a barreira placentária. Após o nascimento da criança, ambos são submetidos a um teste de eletroforese utilizando marcadores para uma proteína produzida pelo parasita. Com base na Figura 1, pode – se afirmar que a criança foi vítima da infecção?</p> <p>(a) Sim</p> <p>(b) Não</p>
<p>26. “Seleção e aprimoramento de espécies, visando à utilização pelos humanos”. Esta afirmação refere - se a:</p> <p>(a) Projeto genoma humano</p> <p>(b) Clonagem em vetor</p> <p>(c) Cruzamentos consanguíneos</p> <p>(d) Melhoramento genético</p>	<p>27. O conjunto de todo o material genético de um organismo pode ser definido como:</p> <p>(a) Cariótipo</p> <p>(b) Diploidismo</p> <p>(c) Transcrito primário</p> <p>(d) Genoma</p>	<p>28. Um pesquisador deseja que uma bactéria passe a produzir uma determinada proteína humana. Para que isso ocorra, ele deve introduzir na bactéria:</p> <p>(a) A sequência de DNA que codifica a proteína, sem os introns.</p> <p>(b) A sequência de mRNA que codifica a proteína.</p> <p>(c) A proteína que ele deseja produzir.</p> <p>(d) A sequência de DNA que codifica a proteína, com os introns.</p>	<p>29. Qual o termo utilizado para designar o conjunto de técnicas que permite modificar geneticamente os organismos?</p> <p>(a) Histologia</p> <p>(b) Genética de populações</p> <p>(c) Citogenética</p> <p>(d) Engenharia Genética</p>	<p>30. Qual das técnicas abaixo permite a obtenção de muitas cópias de uma sequência de DNA?</p> <p>(a) Cultura de tecidos</p> <p>(b) Cromatografia</p> <p>(c) Sequenciamento de genoma</p> <p>(d) PCR</p>
<p>31. Enzimas que atuam cortando o DNA em determinados pontos específicos são conhecidas como:</p> <p>(a) Endonucleases de replicação</p> <p>(b) Endonucleases de restrição</p> <p>(c) Ligases</p> <p>(d) Proteases</p>	<p>32. Qual a função da enzima DNA polimerase em uma reação de PCR?</p> <p>(a) Fornecer energia para que ocorra a reação.</p> <p>(b) Sintetizar novas fitas de DNA a partir de fitas molde.</p> <p>(c) Realizar as ligações do tipo pontes de hidrogênio.</p> <p>(d) Impedir a desnaturação do DNA.</p>	<p>33. Acredita – se que as endonucleases de restrição surgiram nas bactérias como um mecanismo de defesa contra:</p> <p>(a) Altas temperaturas, capazes de desnaturar o DNA.</p> <p>(b) Baixa disponibilidade de nutrientes, levando as células bacterianas a utilizar novas rotas metabólicas.</p> <p>(c) Ataque de bacteriófagos, destruindo o DNA viral.</p> <p>(d) Presença de plasmídeos, impedindo que estes replicassem dentro das células.</p>	<p>34. Quanto ao uso de plantas transgênicas, qual das alternativas abaixo não representa o risco do uso de transgênicos:</p> <p>(a) Cruzamento entre variedades transgênicas e variedades selvagens.</p> <p>(b) Desenvolvimento de alergias em alguns usuários.</p> <p>(c) Nenhuma das alternativas anteriores.</p>	<p>35. Em português, qual o significado da sigla PCR?</p> <p>(a) Purinas Combinadas com Riboses</p> <p>(b) Reação em Cadeia da Polimerase</p> <p>(c) Pontes de Hidrogênio com Riboses</p> <p>(d) Reação de Combinação com Ribossomos</p>
<p>36. Qual técnica está representada na Figura 2?</p> <p>(a) Agarose</p> <p>(b) PCR</p> <p>(c) Replicação</p> <p>(d) Eletroforese em gel</p>	<p>37. Qual das técnicas abaixo permite a obtenção de muitas cópias de uma sequência de DNA?</p> <p>(a) Shotgun genômico</p> <p>(b) Cromatografia</p> <p>(c) Sequenciamento de genoma</p> <p>(d) PCR</p>	<p>38. Qual o sentido de migração de fragmentos de DNA depositados no centro de um gel de eletroforese com diferença de cargas entre as extremidades?</p> <p>(a) Da esquerda para a direita</p> <p>(b) Em direção ao polo positivo</p> <p>(c) Em direção ao polo negativo</p> <p>(d) Da direita para a esquerda</p>	<p>39. Se um agricultor realiza cruzamentos entre diferentes variedades de milho, podemos afirmar que o milho resultante destes cruzamentos é transgênico?</p> <p>(a) Sim, pois o agricultor está selecionando características genéticas favoráveis.</p> <p>(b) Não, pois o cruzamento entre variedades ocorre espontaneamente na natureza.</p>	<p>40. O uso de hormônios sintetizados a partir de células bacterianas ao invés de hormônios extraídos de outros animais reduz o risco de reações alérgicas por que:</p> <p>(a) É idêntico ao hormônio produzido por humanos.</p> <p>(b) Contém anticorpos humanos.</p> <p>(c) Contém antígenos humanos.</p> <p>(d) Contém antígenos e anticorpos humanos.</p>

<p>41. Um cientista deseja produzir um hormônio peptídico sintético a partir de células bacterianas. Neste caso, o cientista deve:</p> <p>(a) Inserir todos os cromossomos humanos na célula bacteriana. (b) Induzir a célula humana a tornar-se uma célula bacteriana. (c) Inserir o gene codificador do hormônio na célula bacteriana. (d) Nenhuma das alternativas anteriores.</p>	<p>42. “As enzimas de restrição surgiram em bactérias como um mecanismo de defesa contra ataque de certos vírus” Como estas enzimas realizam a defesa da célula bacteriana?</p> <p>(a) Ligando-se ao DNA viral (b) Cortando o DNA viral (c) Bloqueando a entrada dos vírus nas células bacterianas (d) Nenhuma das alternativas anteriores</p>	<p>43. Sobre enzimas de restrição, escolha a alternativa correta:</p> <p>(a) Podem cortar o DNA em qualquer ponto, sem uma sequência específica. (b) São obtidas a partir de células animais. (c) Cortam somente sequências específicas de DNA. (d) Existe apenas um tipo desta enzima.</p>	<p>44. A polícia encontra dois suspeitos de um assassinato, porém não existem provas diretas contra estes, apenas respingos de sangue no local do crime. Estes respingos foram utilizados em uma reação de eletroforese, na qual se comparou o DNA dos suspeitos com o da vítima. Com base na Figura 3, quem cometeu o crime?</p> <p>(a) Suspeito 1 (b) Suspeito 2</p>	<p>45. Um país deseja verificar a incidência de uma determinada doença infecciosa em sua população utilizando métodos genéticos. Qual destes seria o método mais eficiente para a triagem desta população?</p> <p>(a) Montagem de heredogramas. (b) Sequenciamento do genoma dos indivíduos. (c) Busca de anticorpos contra o parasita em amostras de sangue dos indivíduos. (d) Análise do histórico de vida dos</p>
<p>46. Em um laboratório um cientista realiza cultura de tecidos <i>in vitro</i> obtidos de uma planta de milho coletada em uma fazenda. Em outro laboratório, um cientista realiza cultura <i>in vitro</i> de uma ameba a partir de um indivíduo inicial. Estes cientistas estariam gerando clones a partir de um organismo inicial?</p> <p>(a) Somente no primeiro caso (b) Somente no segundo caso (c) Em nenhum dos casos</p>	<p>47. Em uma maternidade um casal alegava serem os pais de uma criança. A diretoria da maternidade decide coletar amostras de saliva do casal e do bebê para comparar as sequências do DNA através da técnica de eletroforese em gel. Com base na Figura 4, o casal é progenitor desta criança?</p> <p>(a) Sim (b) Não</p>	<p>48. Um cientista inseriu em um plasmídeo um gene de coelho com 21 códons. Considerando que o primeiro códon seja de início e o último seja de parada, quantos aminoácidos esta proteína terá?</p> <p>(a) 21 (b) 20 (c) 19 (d) 18</p>	<p>49. Plasmídeos podem ser definidos como:</p> <p>(a) Pequenas moléculas de DNA circular encontrados em animais. (b) Pequenas moléculas de DNA circular encontrados em bactérias. (c) Pequenos genes responsáveis pelo controle da divisão celular em humanos. (d) Pequenos genes que codificam enzimas de restrição em humanos.</p>	<p>50. Fragmentos de DNA com maior tamanho apresentam maior dificuldade para percorrer um gel de eletroforese devido a:</p> <p>(a) Maior quantidade de adenina em sua composição, tornando a molécula mais pesada. (b) Maior quantidade de timina em sua composição, tornando a molécula mais pesada. (c) Alto peso molecular e maior dificuldade em atravessar a malha formada pelo gel.</p>
<p>51. Transgenia pode ser definida como:</p> <p>(a) Cruzamento entre duas espécies. (b) Inserção de fragmento(s) de DNA de uma espécie em outra espécie. (c) Cruzamento entre duas variedades da mesma espécie. (d) Inserção de genes bacterianos em qualquer organismo de outra espécie.</p>	<p>52. Um fazendeiro adquire uma variedade de milho geneticamente modificado resistente a um determinado tipo de praga. O gene de resistência foi obtido a partir de uma espécie de bactéria. O milho adquiriu a característica genética da bactéria por que:</p> <p>(a) Recebeu todo o genoma da bactéria (b) Recebeu anticorpos produzidos pela bactéria (c) Recebeu toxinas produzidas pela bactéria (d) Recebeu genes de resistência à praga, da</p>	<p>53. Suponha que cientistas criaram em laboratório mosquitos capazes de reproduzir-se e gerar descendentes que chegam à fase adulta, porém incapazes de abrigar em seu organismo o Zika vírus. Isso se deve à inserção de um gene obtido de outra espécie de mosquito que o torna incapaz de abrigar este vírus. Com base nisso, pode-se afirmar que o mosquito modificado geneticamente é transgênico?</p> <p>(a) Não, por que ele recebeu genes de outra espécie muito semelhante.</p>	<p>54. “O projeto Genoma Humano sequenciou cerca de 99% do genoma humano”. O termo genoma refere-se a:</p> <p>(a) O fenótipo humano (b) O conjunto de proteínas produzidas pelos seres humanos. (c) O conjunto de alelos da população humana. (d) A sequência de DNA característica de uma espécie</p>	<p>55. O que são vetores de clonagem?</p> <p>(a) São sequências de DNA onde são inseridos genes que se deseja clonar. (b) São sequências de DNA vegetal. (c) São animais geneticamente modificados. (d) Nenhuma das alternativas anteriores.</p>
<p>56. Qual a função básica da enzima Ligase?</p> <p>(a) Cortar o DNA em regiões específicas. (b) Fazer cópias de um segmento de DNA. (c) Unir fragmentos de DNA. (d) Nenhuma das alternativas.</p>	<p>57. Uma amostra de DNA é dita recombinante quando:</p> <p>(a) Quando é coletada durante a divisão celular. (b) Quando se trata de uma amostra de DNA de humano. (c) Quando essa amostra recebeu sequências de DNA de outro organismo. (d) Nenhuma das alternativas anteriores.</p>	<p>58. Em relação à técnica de eletroforese, qual das alternativas é incorreta:</p> <p>(a) Fragmentos menores percorrem o gel com maior facilidade (b) Fragmentos maiores percorrem o gel com menor facilidade (c) Para esta técnica não são utilizadas amostras de DNA. (d) Esta técnica permite a separação de fragmentos de DNA de acordo com seu tamanho e peso molecular.</p>	<p>59. Clones podem ser definidos como:</p> <p>(a) Organismos geneticamente diferentes de um indivíduo inicial. (b) Organismos que são geneticamente idênticos a um indivíduo inicial. (c) Organismos gerados a partir do cruzamento entre dois indivíduos diferentes. (d) Nenhuma das alternativas anteriores está correta.</p>	<p>60. A Engenharia Genética consiste em:</p> <p>(a) Realizar cruzamentos entre vegetais de interesse comercial. (b) Avaliar o fenótipo dos organismos. (c) Manipular o material genético dos organismos. (d) Nenhuma das alternativas anteriores está correta.</p>

Regras do Jogo – Tabuleiro de Engenharia Genética

Número de jogadores: 2, 3 ou 4 jogadores.

Número de mediadores: 1 mediador.

- Cada jogador deverá adotar um pião para que este se desloque sobre o tabuleiro.
- O número de casas a ser avançado será definido pelo lançamento do dado. O dado dá a cada equipe a possibilidade de avançar uma, duas ou nenhuma casa.
- As casas só poderão ser avançadas caso a equipe responda a questão corretamente.
- Ao início da partida todas as cartas deverão ser embaralhadas pelo mediador. Deverá ser definida a ordem de jogada, e a ordem escolhida deverá ser mantida até o final da partida.
- As cartas já utilizadas deverão ser colocadas em outra pilha de cartas, separadamente das demais. Caso as cartas se esgotem, todas deverão ser novamente embaralhadas pelo mediador.
- Não será permitido um tempo superior a 30 segundos para que cada equipe apresente sua resposta.
- Apenas o mediador poderá consultar as cartas durante a partida.
- Apenas a primeira resposta dada pela equipe será considerada.
- A equipe vencedora será a equipe que primeiro chegar ao final da trilha.